

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
21. Juli 2005 (21.07.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2005/067223 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H04L 12/56

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/053455

(22) Internationales Anmeldedatum:  
14. Dezember 2004 (14.12.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2004 001 008.0 2. Januar 2004 (02.01.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KOPF, Stefan  
[DE/DE]; Dr.-Bolza-Ring 1, 97200 Zell am Main (DE).

MENTH, Michael [DE/DE]; Hausnummer 2, 97255  
Oellingen (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-  
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,  
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING THRESHOLD VALUES USED FOR CHECKING TRAFFIC IN COMMUNICA-  
TION NETWORKS FEATURING ACCESS CONTROL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG VON GRENZWERTEN FÜR EINE VERKEHRSKONTROLLE IN  
KOMMUNIKATIONSNETZEN MIT ZUGANGSKONTROLLE

```
AA. Input: (implizit: Topologie, Routing, Budgets)
    Bhot := B
    while Bhot ≠ 0 do
BB.   wähle b* ∈ Bhot mit der größten Blockierwahrscheinlichkeit
        cuinc := 1
        if (∀ l ∈ E: cufree(l) ≥ cuinc · (l, b*)) then
            cu[b*] := cu[b*] + cuinc
        else
            Bhot := Bhot \ b*
        end if
    end while
CC. Output: Zuweisung von Übertragungskapazitätsanteilen
    cu[b], b ∈ B

AA... INPUT: (IMPLICIT: TOPOLOGY, ROUTING, BUDGETS)
BB... SELECT B* ∈ BHOT WITH THE GREATEST PROBABILITY OF BEING BLOCKED
CC... OUTPUT: ALLOCATE PORTIONS OF TRANSMISSION CAPACITY
```

(57) Abstract: Disclosed is a method for allocating transmission capacity ( $c_u(b^*)$ ) to a threshold value ( $b^*$ ) based on an expected volume of traffic, said threshold value ( $b^*$ ) being used for restricting traffic in a communication network featuring threshold (B)-based access controls. According to the inventive method, a portion of transmission capacity ( $c_u(b^*)$ ) is allocated to the threshold value ( $b^*$ ) that is least likely to be blocked according to the expected volume of traffic ( $a(b^*)$ ) if an amount of free capacity ( $C_u^{\text{free}}(1)$ ) which corresponds to said portion of transmission capacity ( $c_u(b^*)$ ) is available on the links (1) used for transmitting traffic authorized based on the access control, thus allowing for the most balanced or fair allocation of free transmission capacity to threshold values or access controls. Further embodiments of the invention relate to the optimization of the value of the portion of transmission capacity ( $c_u(b^*)$ ) as well as to taking into account disturbance scenarios. In order to take into account disturbance scenarios, the threshold values are set such that buffer capacity is provided for absorbing incidents occurring in the network.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/067223 A1



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

---

**(57) Zusammenfassung:** Des wird ein Verfahren für die Zuweisung von Übertragungskapazität ( $c_u(b^*)$ ) zu einem Grenzwert ( $b^*$ ) zur Verkehrsbeschränkung in einem Kommunikationsnetz mit auf Grenzwerten ( $B$ ) beruhenden Zugangskontrollen auf Basis eines erwarteten Verkehrsaufkommens vorgestellt. Dabei wird dem Grenzwert ( $b^*$ ) mit der nach Maßgabe des erwarteten Verkehrsaufkommens ( $a(b^*)$ ) geringsten Blockierwahrscheinlichkeit ein Übertragungskapazitätsanteil ( $c_u(b^*)$ ) zugewiesen, falls auf den für die Übertragung von aufgrund der Zugangskontrolle zugelassenen Verkehrs verwendeten Links (1) eine dem Übertragungskapazitätsanteil ( $c_u(b^*)$ ) entsprechende freie Kapazitätsmenge ( $C_u^{free}(1)$ ) zur Verfügung steht. Es wird so erreicht, dass eine möglichst ausgewogene bzw. faire Zuteilung von freier Übertragungskapazität zu Grenzwerten bzw. Zugangskontrollen erfolgt. Weiterbildungen betreffen die Optimierung des Wertes des Übertragungskapazitätsanteils ( $c_u(b^*)$ ) und die Einbeziehung von Störszenarien. Bei der Einbeziehung von Störszenarien werden die Grenzwerte so gesetzt, dass Puffer-Kapazität zum Abfangen von Störfällen im Netz vorhanden ist.

## Beschreibung

Verfahren zur Bestimmung von Grenzwerten für eine Verkehrskontrolle in Kommunikationsnetzen mit Zugangskontrolle

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren für die Festsetzung eines Grenzwerts zur Verkehrsbeschränkung in einem mit Knoten und Links gebildeten Kommunikationsnetz mit auf Grenzwerten beruhenden Zugangskontrollen auf Basis eines erwarteten Verkehrsaufkommen.

10

Die Kontrolle bzw. Beschränkung des Verkehrs - Datenverkehr sowie Sprachverkehr - ist für verbindungslos operierende Kommunikationsnetze ein zentrales Problem, wenn Verkehr mit hohen Dienstgüteanforderungen, wie z.B. Sprachdaten, übertragen werden sollen. Geeignete Mechanismen zur Kontrolle des Verkehrs werden derzeit von Netzwerkspezialisten, Vermittlungstechnikern und Internet-Experten untersucht.

15

Die derzeit möglicherweise wichtigste Entwicklung auf dem Gebiete der Netzwerke ist die Konvergenz von Sprach- und Daten- netzen. In Zukunft sollen Übertragungsdienste mit verschiedensten Anforderungen über dasselbe Netz übertragen wird. Dabei zeichnet sich ab, dass ein Grossteil der Kommunikation über Netze in Zukunft über verbindungslos arbeitende Daten- netze, deren wichtigster Vertreter die sogenannten IP-Netze (IP: Internet Protocol) sind, vorgenommen werden wird. Die Übertragung von sogenanntem Echtzeitverkehr, z.B. Sprach- oder Videodaten über Datennetze unter Einhaltung von Dienstgütemerkmalen ist Voraussetzung für eine erfolgreiche Netzkonvergenz. Bei der Übertragung von Echtzeitverkehr über Datennetze müssen insbesondere bezüglich der Verzögerungszeiten und der Verlustrate von Datenpaketen enge Grenzen eingehalten werden.

25

30

35

Eine Möglichkeit für die Übertragung in Echtzeit über Datennetze unter Einhaltung von Dienstgütemerkmalen ist eine Ver-

bindung durch das ganze Netz zu schalten, d.h. eine dem Dienst vorangehende Festlegung und Reservierung der benötigten Betriebsmittel bzw. Ressourcen. Die Bereitstellung von hinreichenden Ressourcen zu Garantie der Dienstmerkmale wird dann für jeden Verbindungsabschnitt (auch mit dem englischen Wort "Link" bezeichnet) überwacht. Technologien, die auf diese Weise vorgehen, sind beispielsweise das ATM-Verfahren (ATM: asynchronous transfer mode) oder das MPLS-Protokoll (MPLS: Multiprotocol Label Switching), welches die Festlegung von Pfaden durch IP-Netze vorsieht. Diese Verfahren haben jedoch den Nachteil hoher Komplexität und - im Vergleich zu herkömmlichen Datennetzen - geringer Flexibilität. Zustandsinformationen über die durch das Netz vermittelten Flows müssen bei den einzelnen Verbindungsabschnitten gespeichert bzw. überprüft werden.

Ein Verfahren, welches die Komplexität der verbindungsabschnittsweisen Überprüfung bzw. Kontrolle von Ressourcen vermeidet, ist das sogenannte Diff-Serv-Konzept. Dieses Konzept wird im Englischen als "stateless" bezeichnet, d.h. dass keine Zustandsinformationen über Verbindungen oder Flows entlang des Übertragungspfades vorgehalten werden muss. Stattdessen sieht das Diff-Serv-Konzept nur eine Zugangskontrolle am Netzrand vor. Bei dieser Zugangskontrolle können Pakete nach Maßgabe ihrer Dienstmerkmale verzögert, und - falls notwendig - verworfen werden. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von traffic conditioning oder policing, von traffic shaping und traffic engineering. Das Diff-Serv-Konzept erlaubt so die Unterscheidung von verschiedenen Verkehrsklassen - man spricht hier häufig von Classes of service -, die entsprechend der Übertragungsanforderungen priorisiert oder einer geringeren Priorität behandelt werden können. Letztlich kann aber bei Datenübertragung mit Hilfe des Diff-Serv-Konzepts die Einhaltung von Dienstmerkmalen für Echtzeitverkehr nicht garantiert werden. Es stehen keine Mechanismen zur Verfügung, den über das Netz übertragene Echtzeitverkehr so anzupassen,

dass verlässliche Aussagen über die Einhaltung der Dienstmerkmale möglich wären.

Es ist daher wünschenswert, den über ein Datennetz übertragenen Echtzeitverkehr so gut zu kontrollieren, dass einerseits Dienstmerkmale garantiert werden können und andererseits eine optimale Ressourcenausnutzung stattfindet, ohne dafür die Komplexität von durch das Netz geschalteten Verbindungen in Kauf nehmen zu müssen.

Die Erfindung hat zur Aufgabe, ein optimiertes Verfahren für die Festlegung von Grenzwerten für die Verkehrsbegrenzung in einem Kommunikationsnetz anzugeben.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 gelöst.

Es wird von einem mit Links und Knoten gebildeten Kommunikationsnetz (z.B. ein IP (Internet Protocol) Netz) ausgegangen, bei dem zumindest ein Teil des in das Kommunikationsnetz gelangenden Verkehrs (z.B. der Verkehr einer Verkehrsklasse) einer Zugangskontrolle mittels eines Grenzwertes unterzogen wird. Dabei gibt der Grenzwert eine Grenze vor, deren Überschreiten durch Abweisen von der Zugangskontrolle unterzogenen Verkehr verhindert wird. Auf diese Weise kann vermieden werden, dass durch eine zu hohe Verkehrsmenge im Kommunikationsnetz Engpässe auftreten, die eine Minderung der Dienstgüte der durch das Kommunikationsnetz bereitgestellten Transportdienste verursachen würden. Es wird davon ausgegangen, dass für das Kommunikationsnetz durch die verwendeten Grenzwerte unterschiedene Zugangskontrollen durchgeführt werden, die von den Wegen innerhalb des Netzes, auf denen der Verkehr transportiert werden soll, abhängen. Ein Beispiel für derartige Zugangskontrollen sind Kontrollen, die jeweils einen Grenzwert für ein Paar aus Eingangsknoten und Ausgangsknoten vorsehen. Verkehr, der zwischen diesem Eingangsknoten und dem Ausgangsknoten befördert werden soll, wird einer Zugangskontrolle mit dem entsprechenden Grenzwert unterzogen. Ein Über-

schreiten des Grenzwertes führt dann zur Abweisung, während evtl. anderer Verkehr, der zwischen einem anderen Knotenpaar befördert werden soll, zugelassen wird. Ein anderes Beispiel ist sind Zugangskontrollen, welche jeweils zwei Grenzwerte verwenden, wobei einer dem Eingangsknoten und ein anderer dem Ausgangsknoten zugewiesen ist. Der Verkehr wird dann zugelassen, wenn sowohl für den Eingangsknoten als auch für den Ausgangsknoten das Ergebnis der Zugangskontrolle positiv ist.

- 10 Die Erfindung behandelt die Festlegung der Grenzwerte für die Zugangskontrollen. Eine derartige Festlegung sollte in dem Sinne fair sein, dass nicht Übertragungsrichtungen innerhalb des Kommunikationsnetzes gegenüber anderen benachteiligt werden, d.h. dass in einer Richtung transportierter Verkehr mit einer höheren Wahrscheinlichkeit abgewiesen wird als der einer anderen Richtung. Zu diesem Zweck wird von einem Verkehrsaufkommen ausgegangen (welches z.B. mittels einer Verkehrsmatrix quantitativ fassbar ist), welches z.B. aus Erfahrungswerten oder gemessenen Werten bestimmt wurde. Man kann z.B. annehmen, dass der tatsächliche Verkehr um dieses erwartete Verkehrsaufkommen schwankt (z.B. Schwankungen, welche einer Poisson-Verteilung gehorchen). Mittels aus der Literatur bekannter Formeln (z.B. Kaufman und Roberts in James Roberts, Ugo Mocci, and Jorma Virtamo, Broadband Network Teletraffic - Final Report of Action COST 242, Springer, Berlin, Heidelberg, 1996) kann dann die Wahrscheinlichkeit  $p_b$  berechnet werden, mit welcher einer Zugangskontrolle mit einem Grenzwert (bzw. Budget)  $b$  unterzogener Verkehr abgewiesen wird. Unten wird diese Wahrscheinlichkeit auch als Blockierwahrscheinlichkeit bezeichnet. Eine faire Festsetzung von Grenzwerten wird hier verstanden als Festlegung von Grenzwerten, die zu möglichst gleichen Blockierwahrscheinlichkeiten für die verschiedenen Zugangskontrollen führen.
- 35 Erfindungsgemäß wird vorhandene freie Kapazität im Kommunikationsnetz für Verkehr verfügbar gemacht. Dabei wird beim zu transportierenden Verkehr je nach der Zugangskontrolle bzw.

dem entsprechenden Grenzwert unterschieden. D.h. es werden die Verkehrsströme gemeinsam betrachtet, welche derselben Zugangskontrolle unterzogen werden, z.B. weil sie identische Eingangs- und Ausgangsknoten haben. Die freie Kapazität wird für bestimmte Verkehrsströme verfügbar gemacht, indem der bzw. die entsprechenden Grenzwerte eine Zuteilung von freier Kapazität erfahren. Diese Zuteilung entspricht dann einer Erhöhung des Grenzwertes, d.h. einer Verringerung der Blockierwahrscheinlichkeit (bei gegebenen Verkehrsaufkommen). Um möglichst ungleiche Blockierwahrscheinlichkeiten zu vermeiden, wird dem Grenzwert mit der größten Blockierwahrscheinlichkeit eine Übertragungskapazitätsanteil (unten auch als Übertragungskapazitätsinkrement bezeichnet) zugewiesen, falls auf den Links hinreichend freie Kapazität zur Verfügung steht. Bei gleicher Blockierwahrscheinlichkeit kann das zu transportierende Verkehrsvolumen auf den der Zugangskontrolle bzw. dem Grenzwert zugehörigen Wegen als Kriterium verwendet werden (das höhere Verkehrsvolumen gibt den Ausschlag). Dabei werden die Links betrachtet, welche für den Transport des Verkehrs, welcher aufgrund der Zugangskontrolle zugelassen wird, verwendet werden. Z.B. bei Mehrwegerouting fällt in der Regel ein Teil des aufgrund der Zuordnung von dem Übertragungskapazitätsanteil zusätzlich ins Netz gelassenen Verkehrs auf den einzelnen Links an. Dies kann bei der Überprüfung, ob auf den einzelnen Links ausreichend freie Bandbreite zur Verfügung steht, berücksichtigt werden.

Die erfindungsgemäße Zuweisung von einem Übertragungskapazitätsanteil zu einem Grenzwert kann schrittweise für eine Menge von Grenzwerten (z.B. für alle Grenzwerte) durchgeführt werden. Dabei ist es sinnvoll, nach einer Zuweisung von einem Übertragungskapazitätsanteil die entsprechende Blockierwahrscheinlichkeit neu zu berechnen, so dass im nächsten Schritt ein anderer Grenzwert (mit einer niedrigeren Blockierwahrscheinlichkeit) eine Zuweisung von Bandbreite bzw. Kapazität erfährt. Weiter ist es sinnvoll, Grenzwerte, bei denen eine Zuweisung von einem Übertragungskapazitätsanteil mangels

freier Kapazität auf den Links nicht möglich war, bei folgenden Schritten nicht mehr zu betrachten, d.h. aus der Menge der betrachteten Grenzwerte zu entfernen.

- 5 Entsprechend Weiterbildungen (Ansprüche 5-9) wird der Übertragungskapazitätsanteil bzw. das Übertragungskapazitätsinkrement vorteilhaft festgesetzt. Bei einer iterativen Zuweisung von Übertragungskapazität an die Grenzwerte ist es erstrebenswert, möglichst große Übertragungskapazitätsanteile  
10 zu verwenden, um die Anzahl der Iterationen in Grenzen zu halten. Auf der anderen Seite sollte ein Übertragungskapazitätsanteil nicht so groß sein, dass nicht genügend freie Bandbreite für eine faire Zuweisung von Übertragungskapazität zu den anderen grenzwerten verbleibt. Ein sinnvoller Ansatz  
15 ist, das Übertragungskapazitätsinkrement proportional zu dem erwarteten Verkehrsaufkommen (welches der entsprechenden Zugangskontrolle mit dem Grenzwert unterzogen wird) oder gleich einem minimalen Übertragungskapazitätsinkrement (letzteres z.B. wenn das anders bestimmte Übertragungskapazitätsinkrement kleiner ist als das minimale Übertragungskapazitätsinkrement)  
20 festzulegen. Das Übertragungskapazitätsinkrement kann beispielsweise gleich oder proportional dem erwarteten Verkehrsaufkommen multipliziert mit einer relativen auf einem Link vorhandenen freien Bandbreite (freie Bandbreite geteilt  
25 durch auf dem Link zu beförderndes Verkehrsaufkommen) gesetzt werden. Es kann dann jeweils das Minimum der auf den verwendeten Links verfügbaren Bandbreite den Grenzwerten zugewiesen werden.
- 30 Auf diese Weise wird die freie Bandbreite nach Maßgabe des zu befördernden Verkehrsvolumens (welches den einzelnen Zugangskontrollen bzw. Grenzwerten zugeordnet ist) aufgeteilt. Diese Aufteilung ist hinsichtlich gleicher Blockierwahrscheinlichkeiten noch verbesserbar, indem bei der Festsetzung des Übertragungskapazitätsinkrements für einen Grenzwert überprüft  
35 wird, ob durch die Aufteilung der freien Bandbreite für die anderen noch betrachteten Grenzwerte durch die entsprechende



Zuteilung ihres Übertragungskapazitätsanteils bzw. Übertragungskapazitätsinkrements gleiche oder geringere Blockierungswahrscheinlichkeiten zu erzielen sind und anderenfalls das Übertragungskapazitätsinkrement für den betrachteten Grenzwert so lange erniedrigt wird, bis diese Bedingung erfüllt ist.

Gemäß anderen vorteilhaften Weiterbildungen (Ansprüche 10-13) werden Störszenarien betrachtet. Es ist erstrebenswert, nicht nur im Normalbetrieb, sondern auch im Falle von Störungen oder Ausfällen die Verkehrsmenge im Netz so beschränkt zu haben, dass keine Überlastsituationen z.B. als Folge von Verkehrsumverteilung als Reaktion auf einen Ausfall vorkommen. Dazu wird eine Menge von Störszenarien betrachtet, die z.B. durch Ausfall eines Links oder Knotens gegeben sind. Man kann z.B. die Aufteilung der im Falle der einzelnen Störszenarien vorhandene Bandbreite der einzelnen Links auf die Grenzwerte betrachten und das Übertragungskapazitätsinkrements entsprechend dem Minimum für alle Störfälle festlegen.

Das Übertragungskapazitätsinkrement kann auch bei der Einbeziehung von Störszenarien proportional zu dem zu transportierenden Verkehrsaufkommen festgesetzt werden, z.B. indem es gleich oder proportional dem erwarteten Verkehrsaufkommen multipliziert mit einer störfallabhängigen freien Kapazität auf einem Link dividiert durch den im Störfall über den Link zu transportierenden Verkehr, welcher einer Zugangskontrolle mit den betrachteten Grenzwerten unterzogen wird. Eine entsprechende Bestimmung des Übertragungskapazitätsinkrements kann für alle für alle Links, welche beim Transport von einer Zugangskontrolle mit dem aktuell betrachteten Grenzwert unterzogen werden, durchgeführt werden. Das für die Zuweisung (unter Voraussetzung hinreichender Bandbreite) verwendete Übertragungskapazitätsinkrement ergibt sich dann als das Minimum der Übertragungskapazitätsinkremente, wobei das Minimum bzgl. der Störszenarien und der Links genommen wird. Damit ist sichergestellt, dass bei jedem (d.h. auch dem "worst ca-

se“) Störszenarium auf allen für den Transport verwendeten Links keine Überlast auftritt. Falls das Minimum der Übertragungskapazitätsinkremente unterhalb eines minimalen Übertragungskapazitätsinkrement fällt, kann das minimale Übertragungskapazitätsinkrement anstelle des bestimmten Übertragungskapazitätsinkrement verwendet werden.

Im Folgenden wird der Erfindungsgegenstand im Rahmen eines Ausführungsbeispiels anhand von Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: ein Ablaufdiagramm für ein Verfahren zur Zuweisung von freier Kapazität zu einem Grenzwert für eine Zugangskontrolle

Fig. 2: ein Ablaufdiagramm für ein Verfahren zur Festsetzung eines Übertragungskapazitätsanteils für ein Verfahren entsprechend Fig. 1

Fig. 3 ein Ablaufdiagramm für ein beschleunigtes Verfahren zur Festsetzung von Übertragungskapazitätsanteilen

Es wird von einem Kommunikationsnetz ausgegangen, welches zu transportierenden Verkehr Zugangskontrollen unterzieht. Im Rahmen des Ausführungsbeispiels werden Zugangskontrollen in Abhängigkeit des Eintrittspunktes und des Austrittspunktes des zu transportierenden Verkehr unterschieden. Jedem Paar aus Eintrittspunkt und Austrittspunkt (d.h. zwei Randpunkte bzw. Randknoten) ist dabei ein Grenzwert (bzw. ein Budget) für den zulässigen Verkehr zugeordnet. Dieser Grenzwert entspricht einer dem zwischen den zugehörigen Randpunkten zu transportierenden Verkehr zur Verfügung stehenden maximalen Übertragungskapazität. Die beschriebene Vorgehensweise zur Beschränkung der Übertragungskapazität ermöglicht eine bessere Verteilung und Beherrschung der in dem Kommunikationsnetz transportierten Verkehrsströme.

Die Erfindung hat zum Thema, wie die Grenzwerte für die Zugangskontrollen geeignet zu wählen sind bzw. welche Kapazitäts-

ten auf den Links des Kommunikationsnetzes für die einzelnen Zugangskontrollen bzw. für den zwischen den zugehörigen Randpunkten transportierten Verkehr reserviert werden sollen.

- 5 Um geeignete Grenzwerte zu ermitteln wird von einem erwarteten Verkehrsaufkommen ausgegangen (beispielsweise beschrieben durch eine Verkehrsmatrix), welches eine Aussage über den mittleren zwischen zwei Randpunkten zu transportierenden Verkehr macht. Es wird zudem angenommen, dass dieses erwartete
- 10 Verkehrsaufkommen Schwankungen aufweist, die z.B. mittels einer Poisson-Verteilung um den Mittelwert berücksichtigt werden. Auf Basis der Verteilung des erwarteten Verkehrsaufkommens um einen Mittelwert lässt sich für eine Zugangskontrolle mittels eines Grenzwertes die Wahrscheinlichkeit für eine
- 15 Nichtzulassung von Verkehr berechnen. Im Folgenden wird dafür auch der Ausdruck Blockierwahrscheinlichkeit verwendet.

In Fig. 1 ist gezeigt, wie eine Zuweisung von Kapazität zu einem Grenzwert bzw. dem entsprechenden Paar von Randpunkten vorgenommen werden kann. Dabei wird sukzessive Grenzwerten freie Kapazität auf den Links zugewiesen. Die Menge der in

20 einem Schritt betrachteten Grenzwerte ist mit  $B_{hot}$  bezeichnet. In das Verfahren gehen implizit die Topologie des Kommunikationsnetzes, das im Netz verwendete Routing (z.B. Einwegrouting oder Mehrwegerouting) und die Art der Zugangskontrollen

25 bzw. der verwendeten Grenzwerte ein. Das Verfahren entsprechend Fig. 1 läuft wie folgt ab:

Solange die Menge der betrachteten Grenzwerte  $B_{hot}$  nicht leer ist, wird der Grenzwert (bzw. das Budget)  $b^*$ , welches die

30 größte Blockierwahrscheinlichkeit aufweist, betrachtet. Falls es Grenzwerte mit gleicher Blockierwahrscheinlichkeit gibt, kann das erwartete Verkehrsaufkommen zwischen den zugehörigen Randpunkten (bzw. der Anteil des erwarteten Verkehrsaufkommens, welcher einer Zugangskontrolle mit dem entsprechenden

35 Grenzwert unterzogen wird) als weiteres Kriterium für die Auswahl verwendet werden (der Grenzwert mit der geringsten Blockierwahrscheinlichkeit, der das höchste erwartete Ver-

kehrsaufkommen hat, wird ausgewählt). Anschließend wird ein Übertragungskapazitätsanteil bzw. ein Übertragungskapazitätsinkrement  $c_u^{inc}$  festgelegt bzw. festgesetzt. Wenn für alle Links  $l$  der Menge  $E$  der Links, welche für die Übertragung von Verkehr genutzt werden, welcher aufgrund der Zugangskontrolle mittels des Grenzwertes  $b^*$  zugelassen wird, ausreichend freie Kapazität für die entsprechende Kapazitätserhöhung vorhanden ist, wird die dem Grenzwert zugewiesene bzw. zugeordnete Kapazität um das Kapazitätsinkrement  $c_u^{inc}$  erhöht. Mathematisch ausgedrückt muss für alle Links  $l$  der Menge  $E$

(1)  $c_u^{free}(l) \geq c_u^{inc} * u(l, b^*)$

erfüllt sein. Dabei ist  $u(l, b^*)$  der Anteil des im Rahmen der Zugangskontrolle mittels  $b^*$  zugelassenen Verkehrs, der über den Link  $l$  übertragen wird. Bei Einwegrouting ist  $u(l, b^*) = 1$ . Bei Mehrwegrouting ist  $u(l, b^*)$  dagegen in der Regel kleiner als 1. Wenn die obige Bedingung (1) für alle Links  $l$  aus  $E$  erfüllt ist, wird die dem Grenzwert  $b^*$  zugewiesene Kapazität entsprechend erhöht:

(2)  $c_u(b^*) = c_u(b^*) + c_u^{inc}$ .

Anderenfalls wird  $b^*$  bei folgenden Schritten bzw. Iterationen nicht mehr betrachtet:

(3)  $B_{hot} = B_{hot} / b^*$ .

Wenn die Menge  $B_{hot}$  leer ist, ist das Verfahren beendet, d.h. den Grenzwerten  $b$  wurden Kapazitäten  $c_u(b)$  zugeordnet.

Das in Fig. 1 beschriebene Verfahren lässt sich beschleunigen, indem der Übertragungskapazitätsanteil  $c_u^{inc}$  maximiert wird. Eine Möglichkeit besteht darin, den Übertragungskapazitätsanteil  $c_u^{inc}$  für den Grenzwert  $b$  proportional zu dem Durchschnittswert  $a(b)$  des der Zugangskontrolle mit dem Grenzwert  $b$  unterzogenen Verkehrs zu setzen, z.B.

(4)  $c_u^{inc} = \max(1, (q(l) * a(b) / h))$

Dabei steht 1 für ein minimales Übertragungskapazitätsinkrement,

$q(l) = c_u^{free}(l) / a_{hot}(l)$ , wobei

$a_{hot}(l) = \sum a(b)$ , Summe über alle  $b$  aus  $B_{hot}(l)$  und

h ist ein Steuerfaktor, durch welches sich das Verfahren einstellen und die Anzahl der Schritte regeln lässt. Eine mögliche Wahl für h ist 2.  $q(l)$  ist eine Art linkabhängiges Maß für das Verhältnis zwischen freier Bandbreite  $c_u^{\text{free}}(l)$  auf diesen Link und des über Grenzwerte b akkumulierten Verkehrs  $a_{\text{hot}}(l)$ , wobei von den betrachteten Grenzwerten  $B_{\text{hot}}$  diejenigen berücksichtigt werden, welche für Zugangskontrollen für über den Link l übertragenen Verkehr verantwortlich zeichnen (d.h.  $B_{\text{hot}}(l)$ ).

Dieses Vorgehen führt nicht notwendigerweise zu einem Satz Grenzwerten mit in etwa gleichen Blockierwahrscheinlichkeiten (entspricht einer fairen Festsetzung von Grenzen), weil Grenzwerte b mit einem kleinen  $a(b)$  relativ mehr Bandbreite brauchen, um entsprechende Blockierwahrscheinlichkeiten zu erzielen.

Ein Ansatz, die durch (4) beschriebene Festlegung eines Übertragungskapazitätsanteils in Hinblick auf eine faire Festsetzung von Grenzwerten zu verbessern, ist, sichere Übertragungskapazitätsanteile zu berechnen, dass eine Zuweisung des Übertragungskapazitätsanteils noch Zuweisungen zu den anderen betrachteten Grenzwerten zulässt, die diesen anderen Grenzwerte eine vergleichbare Blockierwahrscheinlichkeit ermöglicht. Eine mögliche Realisierung ist in Fig. 2 beschrieben. Dabei bezeichnet  $p_b^*$  die Blockierwahrscheinlichkeit des Grenzwertes  $b^*$ , welche von dem bei  $b^*$  erwarteten Verkehrsaufkommen  $a(b^*)$  und der  $b^*$  zugewiesenen Kapazität  $c_u(b^*)$  bzw. der zugewiesenen Kapazität erhöht um das Übertragungskapazitätsinkrement  $c_u(b^*) + c_u^*$  abhängt. Das Übertragungskapazitätsinkrement  $c_u^*$  wird zunächst entsprechend (4) (mit  $h = 1$ ) bestimmt und dann so lange dekrementiert

(5)  $c_u^* = q^{\text{dec}} * c_u^*$ , wobei  $q^{\text{dec}}$  ein Faktor kleiner 1 ist, bis die Blockierwahrscheinlichkeit  $p_b^*$  höher ist als die Blockierwahrscheinlichkeiten, die die anderen betrachteten Grenzwerte b bei einer Zuweisung einer nach Maßgabe der  $a(b)$  angepassten Übertragungskapazität erreichen können. Es ist

also bei der Verwendung des in Fig. 2 berechneten Übertragungs-  
 kapazitätsinkrement bzw. Übertragungskapazitätsanteils  
 sichergestellt, dass noch genügend freie Kapazität für die  
 anderen betrachteten Grenzwerte  $b$  aus  $B_{\text{hot}}(l)$  für vergleichba-  
 5 re Blockierwahrscheinlichkeiten  $p_b^b$  zur Verfügung steht.

Eine im Vergleich zu Fig. 2 aufwandsärmere Vorgehensweise zur  
 Festsetzung eines Übertragungskapazitätsanteils für einen  
 Grenzwert  $b^*$  ist die Wahl

10 (6)  $c_u^{\text{inc}} = \max(1, \min(q(l) \cdot a(b^*)/h)),$

wobei das Minimum  $\min$  über alle Links  $l$  genommen wird, für  
 die  $u(l, b^*) > 0$  ist. Die Verwendung von (6) in dem Verfahren  
 gemäß Fig. 1 ist ein Kompromiss zwischen Fairness und Auf-  
 wand. Durch Wahl von  $h$  kann eine situationsabhängige Anpas-  
 15 sung erfolgen.

In Fig. 3 ist eine Modifikation des in Fig. 1 dargestellten  
 Verfahrens gezeigt. Dabei werden nur sichere Übertragungska-  
 pazitätsanteile  $\text{CapInc}(l)$  ( $\text{CapInc}$ : Calculation of a suitable  
 20 link capacity increment) verwendet, welche entsprechend Fig.  
 2 oder Formel (6) berechnet werden.

Der Erfindungsgegenstand kann dahingehend erweitert werden,  
 dass Ausfälle oder Störungen kompensiert werden können. Die  
 25 Idee ist, Kapazität bzw. Bandbreite für Störfälle bereitzu-  
 halten. Es sei  $S$  eine Menge von Störszenarien, gegeben durch  
 den Ausfall wenigstens eines Links  $l$  oder eines Knotens. Die  
 Funktion  $u(s, l, b)$  beschreibe dann, welcher Anteil des der Zu-  
 gangskontrolle mittels des Grenzwertes  $b$  unterzogenen Ver-  
 30 kehrs im Störfall  $s$  über den Link  $l$  geleitet wird. Man kann  
 jetzt mittels des in Fig. 1 dargestellten Verfahrens für alle  
 Störszenarien  $s \in S$  Übertragungskapazitätsanteile  $c_u(s, b)$  in  
 Abhängigkeit der Störszenarien  $s \in S$  bestimmen und davon das  
 Minimum nehmen, d.h.  $c_u(b) = \min_{s \in S} c_u(s, b)$ .

35

Eine aufwandärmere Vorgehensweise für die Berücksichtigung  
 von Störszenarien bei der Bestimmung bzw. Festsetzung von dem

Übertragungskapazitätsanteil bzw. Übertragungskapazitätsinkrement  $c_u^{inc}$  ist im Folgenden angegeben:

Man setzt

(7)  $c_u^{free}(s,l) = c_u(l) - \sum c_u(b) * u(s,l,b)$ , wobei die Summe über alle  $b \in B_{hot}$  läuft. Es wird abhängig von Störszenario  $s$  und vom Link  $l$  ein Übertragungskapazitätsinkrement  $c_u^{free}(s,l)$  definiert, indem von der auf dem Link  $l$  zur Verfügung stehenden Kapazität  $c_u(l)$  die bereits Grenzwerten  $b$  zugeordnete Kapazitäten auf dem Link  $l$  subtrahiert werden (für Budget bzw. Grenzwert  $b$  ist die zugeordnete Kapazität  $c_u(b)$  und  $u(s,l,b)$  die anteilmäßige Nutzung des Links  $l$  im Störszenario  $s$ ). Die von den untersuchten Grenzwerten  $B_{hot}$  kommenden mittleren aggregierten, auf Link  $l$  und Störszenario  $s$  bezogenen Daten- bzw. Verkehrsströme sind

(8)  $a_{hot}(s,l) = \sum a(b) * u(s,l,b)$ , wobei die Summe über alle  $b \in B_{hot}$  läuft. Das Verhältnis  $q(s,l)$  von freier Kapazität zu zu übertragenden Verkehr ergibt sich dann als

$$(9) \quad q(s,l) = c_u^{free}(s,l) / a_{hot}(s,l).$$

Schließlich wird

(10)  $c_u^{inc} = \max(1, \min(q(s,l) * a(b)/h))$ , wobei das Minimum  $\min$  über alle Störszenarien  $s$  und über alle Links  $l$  genommen wird, für die  $u(s,l,b) > 0$  ist. Bei Anwendung von (10) in dem in Fig. 1 beschriebenen Verfahren wird die Bedingung

(1)  $c_u^{free}(l) \geq c_u^{inc} * u(l,b^*)$

zu

$$(11) \quad c_u^{free}(s,l) \geq c_u^{inc} * u(s,l,b^*).$$

## Patentansprüche

1. Verfahren für die Zuweisung von Übertragungskapazität zu einem Grenzwert ( $b^*$ ) zur Verkehrsbeschränkung in einem mit Knoten und Links ( $l$ ) gebildeten Kommunikationsnetz mit auf Grenzwerten ( $B$ ) beruhenden Zugangskontrollen auf Basis eines erwarteten Verkehrsaufkommens ( $a(b)$ ),  
bei dem  
- dem Grenzwert ( $b^*$ ), der nach Maßgabe des erwarteten Verkehrsaufkommens ( $a(b^*)$ ) bei einer Zugangskontrolle mittels des Grenzwerts ( $b^*$ ) im Vergleich zu den anderen im Rahmen der Zugangskontrollen verwendeten Grenzwerten zu der höchsten Wahrscheinlichkeit ( $p_{b^*}$ ) für eine Nichtzulassung von Verkehr führt, ein Übertragungskapazitätsanteil ( $c_u(b^*)$ ) zugewiesen wird, falls auf den für die Übertragung von aufgrund der Zugangskontrolle zugelassenen Verkehrs verwendeten Links ( $l$ ) eine dem Übertragungskapazitätsanteil entsprechende freie Kapazitätsmenge ( $c_u^{free}(l)$ ) zur Verfügung steht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
- innerhalb des Netzes Verkehrsverteilung vorgenommen wird und  
- eine Zuweisung des Übertragungskapazitätsanteils ( $c_u(b^*)$ ) erfolgt, falls auf den für die Übertragung von aufgrund der Zugangskontrolle zugelassenen Verkehrs verwendeten Links ( $l$ ) eine einem nach Maßgabe des über den jeweiligen Link ( $l$ ) übertragenen Anteils ( $u(l, b^*)$ ) des Verkehrs reduzierten Kapazitätsanteil ( $c_u^{inc} * u(l, b^*)$ ) entsprechende freie Kapazitätsmenge ( $c_u^{free}(l)$ ) zur Verfügung steht.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass  
- das Verfahren für eine Anzahl von für Zulassungskontrollen verwendete Grenzwerte ( $b \in B_{hot}$ ) durchgeführt wird, wobei iterativ das Verfahren jeweils für einen bzw. den Grenzwert ( $b$ ) aus der Menge der berücksichtigten Grenzwerte ( $B_{hot}$ ) mit der



höchsten Wahrscheinlichkeit ( $p_b$ ) für eine Nichtzulassung von Verkehr durchgeführt wird, und wobei ein Grenzwert ( $b$ ), bei dem eine Zuweisung des Übertragungskapazitätsanteils ( $c_u(b)$ ) mangels freier Übertragungskapazität ( $c_u^{\text{free}}(1)$ ) nicht erfolgt, bei folgenden Iterationen nicht mehr berücksichtigt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

10 - für einen Grenzwert ( $b$ ), dem ein Übertragungskapazitätsanteil ( $c_u(b)$ ) zugewiesen wurde, die Wahrscheinlichkeit ( $p_b$ ) für eine Nichtzulassung von Verkehr neu auf Grundlage der dem Grenzwert ( $b$ ) zugewiesenen Gesamtübertragungskapazität berechnet wird.

15 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- der Übertragungskapazitätsanteil ( $c_u(b^*)$ ) für die Zuweisung zu dem Grenzwert ( $b^*$ ) nach Maßgabe des Anteils des erwarteten Verkehrsaufkommens ( $a(b^*)$ ), welcher der Zugangskontrolle mittels des Grenzwertes ( $b^*$ ) unterzogen wird, festgesetzt wird.

20

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

25 - der Übertragungskapazitätsanteil ( $c_u(b)$ ) gleich einem minimalen Übertragungskapazitätsinkrement (1) oder proportional dem Anteil des erwarteten Verkehrsaufkommens ( $a(b)$ ), welcher der Zugangskontrolle mittels des Grenzwertes ( $b$ ) unterzogen wird, festgesetzt wird.

30 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass

- der Übertragungskapazitätsanteil ( $c_u(b)$ ) proportional dem Produkt aus

35 -- dem Anteil des erwarteten Verkehrsaufkommens ( $a(b)$ ), welcher der Zugangskontrolle mittels des Grenzwertes ( $b$ ) unterzogen wird, und

-- dem Quotienten ( $q(l)$ ) aus der gesamten freien Kapazität ( $c_u^{\text{free}}(l)$ ) auf einem Link ( $l$ ) und einem aggregierten erwarteten Verkehrsaufkommen ( $a_{\text{hot}}(l)$ ) auf diesem Link ( $l$ ) festgesetzt wird.

5

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass

- der Übertragungskapazitätsanteil ( $c_u(b^*)$ ) proportional dem Minimum einer Menge von entsprechend Anspruch 7 gebildeten
- 10 Produkten festgesetzt wird, wobei die Menge die Produkte für die zum Transport des aufgrund der Zugangskontrolle zugelassenen Verkehrs verwendeten Links ( $l$  mit  $u(l, b^*) > 0$ ) enthält.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8,

15 dadurch gekennzeichnet, dass

- der Übertragungskapazitätsanteil ( $c_u(b^*)$ ) gleich einem entsprechend Anspruch 7 gebildeten Produkt festgesetzt wird,
- die Wahrscheinlichkeit ( $p_{b^*}$ ) für eine Nichtzulassung von Verkehr bei einer Zugangskontrolle mittels des Grenzwertes
- 20 ( $b^*$ ), nachdem ihm der entsprechende Übertragungskapazitätsanteil ( $c_u(b^*)$ ) zugewiesen wurde, berechnet wird,
- für eine Anzahl von für Zugangskontrollen verwendete weitere Grenzwerte ( $b$  aus  $B_{\text{hot}}(l)$ ) jeweils ein Übertragungskapazitätsanteil ( $c_u(b)$ ) analog mittels des entsprechend Anspruch 7
- 25 gebildeten Produkts definiert wird und die zugehörige Wahrscheinlichkeit ( $p_b$ ) für eine Nichtzulassung von Verkehr bei einer Zugangskontrolle mittels des Grenzwertes ( $b$ ) berechnet wird und
- der Übertragungskapazitätsanteil ( $c_u(b^*)$ ) schrittweise
- 30 dekrementiert und die entsprechende Wahrscheinlichkeit ( $p_{b^*}$ ) für eine Nichtzulassung von Verkehr bei einer Zugangskontrolle mittels des Grenzwertes ( $b^*$ ) neu berechnet wird, bis die Wahrscheinlichkeit ( $p_{b^*}$ ) für eine Nichtzulassung von Verkehr bei einer Zugangskontrolle mittels des Grenzwertes ( $b^*$ ) größer oder gleich der berechneten Wahrscheinlichkeiten ( $p_b$ ) für
- 35 eine Nichtzulassung von Verkehr bei Zugangskontrollen mittels der weiteren Grenzwerte ( $b$  aus  $B_{\text{hot}}(l)$ ) ist.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
- für eine Menge (S) von Störszenarien (s), welche durch Ausfall wenigstens eines Knotens oder wenigstens eines Links (l)
- 5 des Kommunikationsnetzes gegeben sind, ein Wert für den Übertragungskapazitätsanteil ( $c_u(s,b)$ ) ermittelt wird und
- der Übertragungskapazitätsanteil ( $c_u(b)^*$ ) gleich dem Minimum der ermittelten Werte für den Übertragungskapazitätsanteil ( $c_u(s,b)$ ) festgesetzt wird.
- 10
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
- für eine Menge (S) von Störszenarien (s), welche durch Ausfall wenigstens eines Knotens oder wenigstens eines Links (l)
- 15 des Kommunikationsnetzes gegeben sind, ein Wert für den Übertragungskapazitätsanteil ( $c_u(s,b)$ ) ermittelt wird, indem
- der Wert für den Übertragungskapazitätsanteil ( $c_u(s,b)$ ) proportional dem Produkt aus
  - dem Anteil des erwarteten Verkehrsaufkommens ( $a(b^*)$ ), welcher der Zugangskontrolle mittels des Grenzwertes ( $b^*$ ) unterzogen wird, und
  - dem Quotienten ( $q(s,l)$ ) aus der gesamten freien Kapazität ( $c_u^{\text{free}}(s,l)$ ) auf einem Link (l) und einem aggregierten erwarteten Verkehrsaufkommen ( $a_{\text{hot}}(s,l)$ ) auf diesem Link (l) im
- 20 Falle des Störszenarios (s) festgesetzt wird, und
- der Übertragungskapazitätsanteil ( $c_u(b^*)$ ) gleich dem Minimum der für den Übertragungskapazitätsanteil ( $c_u(b^*)$ ) ermittelten Werte festgesetzt wird.
- 25
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Schritte entsprechend Anspruch 11 für alle zum Transport des aufgrund der Zugangskontrolle zugelassenen Verkehrs verwendeten Links (l mit  $u(l,b^*) > 0$ ) durchgeführt wird und der
- 30 Übertragungskapazitätsanteil ( $c_u(b^*)$ ) gleich dem Minimum der für die verschiedenen Links (l) und die Störszenarien (s) ermittelten Werte festgesetzt wird.
- 35

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 oder 12,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der Übertragungskapazitätsanteil ( $c_u(b^*)$ ) gleich einem mini-  
5 malen Kapazitätsinkrement (1) festgesetzt wird, falls dieses  
größer als der nach Anspruch 11 oder 12 ermittelte Übertra-  
gungskapazitätsanteil ist.

10

1/2

**FIG 1**

Input: (implizit: Topologie, Routing, Budgets)

 $B_{\text{hot}} := B$ while  $B_{\text{hot}} \neq \emptyset$  dowähle  $b^* \in B_{\text{hot}}$  mit der größten Blockierwahrscheinlichkeit $c_U^{\text{inc}} := 1$ if  $(\forall l \in \mathcal{E}: c_U^{\text{free}}(l) \geq c_U^{\text{inc}}(l, b^*))$  then $c_U[b^*] := c_U[b^*] + c_U^{\text{inc}}$ 

else

 $B_{\text{hot}} := B_{\text{hot}} \setminus b^*$ 

end if

end while

Output: Zuweisung von Übertragungskapazitätsanteilen

 $c_U[b], b \in B$ **FIG 2**Input: Link  $l$  (implizit: Topologie, Routing, Budgets)if  $|\{b: b \in B_{\text{hot}} \wedge u(l, b) > 0\}| > 0$  then wähle $b^* \in B_{\text{hot}} : u(l, b^*) > 0$  mit der größten Blockierwahrscheinlichkeit $c_U^* := \lfloor q(l) \cdot a(b^*) \rfloor$  $p_b^* := p_b(a(b^*), c_U[b^*] + c_U^*)$ for all  $b \in \{b: b \in B_{\text{hot}} \wedge u(l, b) > 0\}$  do $c_U^b := \lfloor q(l) \cdot a(b) \rfloor$  $p_b^b := p_b(a(b), c_U[b] + c_U^b)$ while  $p_b^* < p_b^b$  do $c_U^* := \lfloor q^{\text{dec}} \cdot c_U^* \rfloor$  $p_b^* := p_b(a(b^*), c_U[b^*] + c_U^*)$ 

end while

end for

else

 $c_U^* := 0$ 

end if

Output: Übertragungskapazitätsinkrement  $c_U^*$

2/2

**FIG 3**

Input: (implizit: Topologie, Routing, Budgets)

```

for all  $l \in \mathcal{E}$  do
   $c_U^{inc}[l] := \text{CapInc}(l)$ 
end for
 $B_{hot} := B$ 
while  $B_{hot} \neq \emptyset$  do
  wähle  $b^* \in B_{hot}$  mit der größten Blockierwahrscheinlichkeit

   $c_U^{inc} := \max(1, \min_{l \in \mathcal{E}: u(l,b) > 0} c_U^{inc}[l])$ 
  if  $(\forall l \in \mathcal{E}: c_U^{free}(l) \geq c_U^{inc} \cdot u(l, b^*))$  then
     $c_U[b^*] := c_U[b^*] + c_U^{inc}$ 
  else
     $B_{hot} := B_{hot} \setminus b^*$ 
  end if
  for all  $l \in \mathcal{E}$  do
    if  $u(l, b^*) > 0$  then
       $c_U^{inc}[l] := \text{CapInc}(l)$ 
    end if
  end for
end while

```

Output: Zuweisung von Übertragungskapazitätsanteilen

 $c_U[b], b \in B$

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/053455

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H04L12/56

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 03/026229 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; SCHRODI, KARL) 27 March 2003 (2003-03-27)	1,2
A	figures 1-4 page 1, paragraph 1 page 2, paragraphs 3,4 page 4, paragraph 2 page 5, paragraphs 3,8 page 6, paragraphs 1,3 page 7, paragraphs 2,3 page 8, paragraph 1 ----- -/--	3-13

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 April 2005

Date of mailing of the international search report

14/04/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mircescu, A

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP2004/053455

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 059 792 A (NORTEL NETWORKS LIMITED) 13 December 2000 (2000-12-13) figures 1,2,5-7 column 3, paragraph 9-14 column 4, paragraph 16 column 7, paragraph 24 column 9, paragraphs 31,32 -----	1-13
A	WO 02/07381 A (ALCATEL; CHIRUVOLU, GIRISH, VSR) 24 January 2002 (2002-01-24) figures 1,6 page 2, lines 20-30 page 3, lines 1-20 page 5, lines 3-28 page 9, lines 9-25 -----	1-13



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/053455

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 03026229	A	27-03-2003	BR 0206043 A	11-11-2003
			BR 0212665 A	24-08-2004
			BR 0212715 A	03-08-2004
			CA 2460993 A1	27-03-2003
			CA 2460998 A1	27-03-2003
			CA 2466281 A1	27-03-2003
			WO 03026228 A1	27-03-2003
			WO 03026229 A2	27-03-2003
			WO 03026341 A2	27-03-2003
			WO 03026230 A2	27-03-2003
			DE 10294311 D2	23-09-2004
			EP 1428360 A1	16-06-2004
			EP 1428361 A2	16-06-2004
			EP 1428408 A2	16-06-2004
			EP 1428362 A2	16-06-2004
			US 2004264376 A1	30-12-2004
			US 2005007955 A1	13-01-2005
			ZA 200304670 A	23-04-2004
EP 1059792	A	13-12-2000	US 6631122 B1	07-10-2003
			CA 2300697 A1	11-12-2000
			EP 1059792 A2	13-12-2000
WO 0207381	A	24-01-2002	US 6839321 B1	04-01-2005
			AU 8043701 A	30-01-2002
			CA 2383616 A1	24-01-2002
			CN 1423877 A	11-06-2003
			EP 1249103 A2	16-10-2002
			WO 0207381 A2	24-01-2002

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/053455

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 H04L12/56

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H04L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
------------	--	--------------------

X	WO 03/026229 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; SCHRODI, KARL) 27. März 2003 (2003-03-27)	1,2
A	Abbildungen 1-4 Seite 1, Absatz 1 Seite 2, Absätze 3,4 Seite 4, Absatz 2 Seite 5, Absätze 3,8 Seite 6, Absätze 1,3 Seite 7, Absätze 2,3 Seite 8, Absatz 1	3-13

-----  
-/-

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

8. April 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

14/04/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Mircescu, A

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/053455

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 059 792 A (NORTEL NETWORKS LIMITED) 13. Dezember 2000 (2000-12-13) Abbildungen 1,2,5-7 Spalte 3, Absatz 9-14 Spalte 4, Absatz 16 Spalte 7, Absatz 24 Spalte 9, Absätze 31,32 -----	1-13
A	WO 02/07381 A (ALCATEL; CHIRUVOLU, GIRISH, VSR) 24. Januar 2002 (2002-01-24) Abbildungen 1,6 Seite 2, Zeilen 20-30 Seite 3, Zeilen 1-20 Seite 5, Zeilen 3-28 Seite 9, Zeilen 9-25 -----	1-13

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/053455

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 03026229 A	27-03-2003	BR 0206043 A	11-11-2003
		BR 0212665 A	24-08-2004
		BR 0212715 A	03-08-2004
		CA 2460993 A1	27-03-2003
		CA 2460998 A1	27-03-2003
		CA 2466281 A1	27-03-2003
		WO 03026228 A1	27-03-2003
		WO 03026229 A2	27-03-2003
		WO 03026341 A2	27-03-2003
		WO 03026230 A2	27-03-2003
		DE 10294311 D2	23-09-2004
		EP 1428360 A1	16-06-2004
		EP 1428361 A2	16-06-2004
		EP 1428408 A2	16-06-2004
		EP 1428362 A2	16-06-2004
		US 2004264376 A1	30-12-2004
		US 2005007955 A1	13-01-2005
		ZA 200304670 A	23-04-2004
EP 1059792 A	13-12-2000	US 6631122 B1	07-10-2003
		CA 2300697 A1	11-12-2000
		EP 1059792 A2	13-12-2000
WO 0207381 A	24-01-2002	US 6839321 B1	04-01-2005
		AU 8043701 A	30-01-2002
		CA 2383616 A1	24-01-2002
		CN 1423877 A	11-06-2003
		EP 1249103 A2	16-10-2002
		WO 0207381 A2	24-01-2002